

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000162453 A**

(43) Date of publication of application: 16 . 06 . 00

(51) Int. Cl.

**G02B 6/12**

**G02B 5/18**

**G02B 6/13**

(21) Application number: 10333525

(71) Applicant: **NEC CORP**

(22) Date of filing: 25 . 11 . 98

(72) Inventor: **URINO YUTAKA**

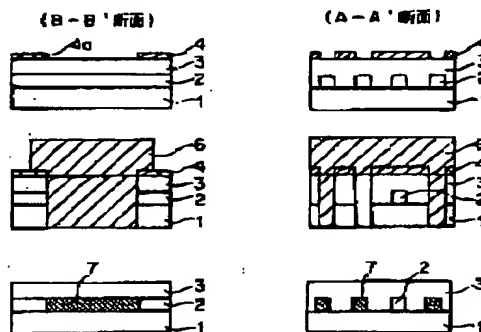
(54) **MANUFACTURE OF ARRAY WAVEGUIDE GRATING**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical path length regulating method requiring no electric power after trimming, capable of reducing the size of an element and its cost, and having small polarization dependence of the trimming, in an array waveguide grating.

**SOLUTION:** An ultraviolet light-nonpermeable masking material 4 is film-coated on an upper layer cladding 3 formed on array waveguides 2 in a quartz array waveguide grating, the masking material 4 on the each waveguide 2 is removed by such a length as corresponding to an optical path length to be imparted in the each waveguide 2 so as to form a window 4a, the each waveguide 2 is irradiated with ultraviolet light 6 through the window 4a, and a refractive index of an ultraviolet light-irradiated portion 7 is increased thereby to regulate the optical path length.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-162453

(P2000-162453A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テマート (参考)
G 0 2 B	6/12	G 0 2 B	F 2 H 0 4 7
	5/18		2 H 0 4 9
	6/13		M
			N

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-333525

(22) 出願日 平成10年11月25日 (1998. 11. 25)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 寶野 豊

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100096105

弁理士 天野 広

Fターム (参考) 2H047 KA04 LA18 PA01 PA05 PA22

PA24 PA30 QA04 TA00

2H049 AA33 AA37 AA45 AA48 AA59

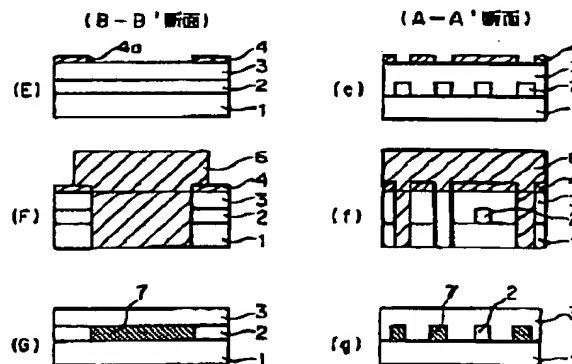
AA62

(54) 【発明の名称】 アレイ導波路回折格子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 アレイ導波路回折格子において、トリミング後は電力を必要とせず、素子の小型化・低価格化が可能であり、かつ、トリミングの偏光依存性の小さい光路長調整方法を提供する。

【解決手段】 石英系アレイ導波路回折格子におけるアレイ導波路2上に形成されている上層クラディング3上に紫外線を透過しないマスク材4を成膜し、各アレイ導波路2上のマスク材4を各アレイ導波路2毎に付与したい光路長に応じた長さだけ除去して窓4aを形成し、窓4aを通して各アレイ導波路2に紫外線6を照射し、紫外線照射部分7の屈折率を上昇させることにより光路長を調整する。



(2)

特開2000-162453

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 石英系アレイ導波路回折格子の少なくとも各アレイ導波路の部分の上層クラディング上に紫外線を透過しないマスク材を成膜する第1の過程と、前記各アレイ導波路毎に所望の光路長に応じた長さの窓を前記マスク材に形成する第2の過程と、前記窓を介して前記各アレイ導波路に紫外線を照射し、紫外線を照射した部分の屈折率を上昇させることにより光路長を調整する第3の過程と、を有することを特徴とするアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項2】 前記マスク材がアルミニウム膜であることを特徴とする請求項1に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項3】 前記アルミニウム膜の厚さは約1 μmであることを特徴とする請求項2に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項4】 前記マスク材が誘電体多層膜であることを特徴とする請求項1に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項5】 前記第2の過程が、前記マスク材上にポジ型の電子線用レジストを塗布する過程と、電子線ビームを前記アレイ導波路上で走査し、前記電子線用レジストを露光する過程と、露光した前記電子線用レジストを現像して露光部分の前記電子線用レジストを除去する過程と、前記電子線用レジストをマスクとして前記マスク材をエッチングする過程と、からなることを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項6】 前記第2の過程が、前記マスク材上にポジ型のフォトレジストを塗布する過程と、前記アレイ導波路上で紫外線ビームを走査し、前記フォトレジストを露光する過程と、露光した前記フォトレジストを現像して露光部分のフォトレジストを除去する過程と、前記フォトレジストをマスクとして前記マスク材をエッチングする過程と、からなることを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項7】 前記第2の過程が、前記各アレイ導波路に直線部分を設ける過程と、前記マスク材上にポジ型のフォトレジストを塗布する過程と、前記窓よりも大きなビームサイズの紫外線を前記アレイ導波路方向に長さが可変のスリットを介して前記直線部分に照射して前記フォトレジストを露光する過程と、前記フォトレジストを現像して露光部分の前記フォトレ

2

ジストを除去する過程と、

前記フォトレジストをマスクとして前記マスク材をエッチングする過程と、

からなることを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項8】 前記第2の過程が、前記マスク材を形成する前に前記上層クラディング上にネガ型の電子線用レジストを塗布する過程と、前記アレイ導波路上で電子線ビームを走査し、前記電子線用レジストを露光する過程と、前記電子線用レジストを現像して非露光部分の前記電子線用レジストを除去する過程と、前記マスク材を形成する過程と、前記電子線用レジストを除去することによって前記電子線用レジスト上の前記マスク材を除去する過程と、からなることを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項9】 前記第2の過程が、前記マスク材を成膜する前に前記上層クラディング上にネガ型のフォトレジストを塗布する過程と、前記アレイ導波路上で紫外線ビームを走査し、前記フォトレジストを露光する過程と、前記フォトレジストを現像して非露光部分の前記フォトレジストを除去する過程と、前記マスク材を形成する過程と、前記フォトレジストを除去することによって前記フォトレジスト上の前記マスク材を除去する過程と、からなることを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項10】 前記第2の過程が、前記各アレイ導波路に直線部分を設ける過程と、前記マスク材を成膜する前に前記上層クラディング上にネガ型のフォトレジストを塗布する過程と、前記窓よりも大きなビームサイズの紫外線を前記アレイ導波路方向に長さが可変のスリットを介して前記直線部分に照射して前記フォトレジストを露光する過程と、前記フォトレジストを現像して非露光部分の前記フォトレジストを除去する過程と、前記マスク材を形成する過程と、前記フォトレジストを除去することによって前記フォトレジスト上の前記マスク材を除去する過程と、からなることを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項11】 前記第3の過程において前記紫外線が発生する装置がArFガス又はKrFガスをを用いたエキシマレーザーであることを特徴とする請求項1乃至10の何れか一項に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項12】 前記第3の過程において前記紫外線が発生する装置がArイオンレーザーの四過倍光発生装置であることを特徴とする請求項1乃至10の何れか一項

40

50

(3)

特開2000-162453

3

に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項13】 前記第3の過程において前記紫外線を発生する装置がHe-Cdレーザーであることを特徴とする請求項1乃至10の何れか一項に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項14】 前記第3の過程において前記紫外線を発生する装置が超高圧水銀灯であることを特徴とする請求項1乃至10の何れか一項に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【請求項15】 前記マスク材は、 $10\text{kJ}/\text{cm}^2$ 以上の紫外線の照射量に対して劣化しないものであることを特徴とする請求項1乃至14の何れか一項に記載のアレイ導波路回折格子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アレイ導波路回折格子の製造方法に関し、特に、石英系アレイ導波路回折格子のアレイ導波路の光路長を調整することができる製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、1本の光ファイバ中に多数の異なる波長の光信号を多重化して伝送する波長多重通信が実用化されつつある。この種の通信システムでは、光をその波長によって合波又は分波する光合分波器が重要な要素の一つとなっている。

【0003】この光合分波器としては、従来からバルクの回折格子や誘電体多層膜等が知られているが、これらは、(1)選択波長の設定が難しい、(2)製造工程が複雑であるため高価である、(3)損失が大きい等の欠点があり、多数の波長を合分波する波長多重通信へ適用することは困難であった。

【0004】そこで、近年、例えば、1996年電子情報学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集1、C-3、162頁に掲載されているアレイ導波路回折格子が注目されている。

【0005】図4はアレイ導波路回折格子の一例を示す平面図である。

【0006】このアレイ導波路回折格子は、複数の入力導波路41、入力導波路41と結合されている入力側スラブ導波路42、入力側スラブ導波路42の反対端に取り付けられた多数の導波路よりなるアレイ導波路43、アレイ導波路43の他端に取り付けられた出力側スラブ導波路44、スラブ導波路44の他端に取り付けられた複数の出力導波路45よりなる。

【0007】入力導波路41から入射した光信号は入力側スラブ導波路42に入射し、多数の導波路よりなるアレイ導波路43に等位相で入射する。

【0008】アレイ導波路43の入力端、入力導波路41の出力端はそれぞれ一つの円の円周上に配置されており、アレイ導波路43の入力端が配置される円の半径は

4

入力導波路41の出力端が配置される円の半径の2倍であり、アレイ導波路43の入力端が配置される円の中心は入力導波路41の出力端が配置される円の円周上に配置されている。

【0009】アレイ導波路43を構成する各導波路は等間隔の位相差を付与するように調整されており、アレイ導波路43の他端には出力側スラブ導波路44が配置されている。

【0010】アレイ導波路43、出力側スラブ導波路44、出力導波路45の配置は入力側と同様である。すなわち、アレイ導波路43の出力端、出力導波路45の入力端はそれぞれ一つの円の円周上に配置されており、アレイ導波路43の出力端が配置される円の半径は出力導波路45の入力端が配置される円の半径の2倍であり、アレイ導波路43の出力端が配置される円の中心は出力導波路45の入力端が配置される円の円周上に配置されている。

【0011】アレイ導波路回折格子の性能指標の一つに、選択すべき波長の光のパワーに対する他の波長の光のパワーの比として定義され、チャンネル間の信号の洩れを表すクロストークがある。高品位の通信を実現するためには、低いクロストークの実現が必要である。低いクロストークを実現するためには、アレイ導波路43の光路長(長さ×屈折率との積)を波長の $1/10$ 程度の精度で制御する必要があり、そのためには、光路長の正確な測定とその測定結果に基づく光路長の調整(トリミング)が必要になる。

【0012】アレイ導波路43の光路長の測定方法としては、K. Takada, H. Yamada, Y. Inoue, "Optical Low Coherence Method for Characterizing Silica-Based Arrayed-Waveguide", Journal of Lightwave Technology, Vol. 14, No. 7, 1877頁、1996に記載されているマハツェンダ干渉系とフーリエ変換分光法を用いた方法が知られている。

【0013】一方、光路長のトリミングの方法としては、例えば、1995年電子情報通信学会総合大会講演論文集C-253に記載されているように、各アレイ導波路にヒーターを設置して熱光学効果により屈折率を調整する方法や、1996年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集C-162に記載されているように、各アレイ導波路にa-Si膜を装荷し、このa-Si膜をトリミングする方法などが知られている。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの従来の光路長調整方法には以下のような問題がある。

【0015】まず、前者のヒーターで屈折率を調整する

50

(4)

特開2000-162453

5

方法によれば、常時ヒーターを駆動する必要があるため、膨大な消費電力が必要である。さらに、アレイ導波路間で熱の分離をするために、アレイ導波路間の間隔を大きくとる必要があり、素子の大型化を避けることができない。また、後者の $\alpha$ -Si膜をトリミングする方法によれば、光路長の変化に偏光依存性が出やすく、TE・TM両方の偏光を同時に調整することが困難である。

【0016】これらの欠点を解決するため、例えば、特開平5-157920号公報には、偏波依存性を改良したアレイ導波路回折格子が開示されている。このアレイ導波路回折格子には、複屈折率B1を有し、かつ、光路長Lのチャンネル導波路からなるアレイ導波路上に、複屈折率B1を複屈折率B2に変化させる応力付与部が装荷されている。

【0017】また、特開平5-323246号公報には、光路長を等価的に変えることができる位相制御器を備えたアレイ導波路回折格子が開示されている。

【0018】特開平7-333446号公報には、アレイ導波路作成時の屈折率変動により誘起されるチャンネル導波路における位相変化量の誤差を低減することができるアレイ導波路回折格子型光合分波器が開示されている。この光合分波器においては、熱光学位相シフターが、各チャンネル導波路での位相変化量の誤差が一定になるように、各チャンネル導波路の位相を個別に制御している。

【0019】特開平9-73018号公報には、製造段階で生じる中心波長のずれを補正することができる光波長合分波器が開示されている。

【0020】特開平9-288205号公報には、グレーティング特性を制御することができる光導波路グレーティングの製造方法が開示されている。この製造方法によれば、コアが酸化ゲルマニウム添加石英ガラスからなる光ファイバに所定の間隔のスリットを有するマスクを介して紫外線を照射し、グレーティングが形成される。その後、グレーティングに紫外線を照射することにより、コアの実効屈折率を変化させ、これによって、グレーティングの阻止帯域の中心波長を調整する。

【0021】しかしながら、上記の公報に記載された各アレイ導波路回折格子又は光合分波器によっても、光路長の変化に偏光依存性が出やすいという欠点は十分に解決されていない。さらに、場合によっては、光路長の調整を行うために素子の大型化を招くという欠点を内包している。

【0022】本発明は、このような従来の装置又は方法における問題点を鑑みてなされたものであり、素子を大型化することなく、偏光依存性の小さい光路長調整方法を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するた

6

め、本発明のうち、請求項1は、石英系アレイ導波路回折格子の少なくとも各アレイ導波路の部分の上層クラディング上に紫外線を透過しないマスク材を成膜する第1の過程と、各アレイ導波路毎に所望の光路長に応じた長さの窓をマスク材に形成する第2の過程と、窓を介して各アレイ導波路に紫外線を照射し、紫外線を照射した部分の屈折率を上昇させることにより光路長を調整する第3の過程と、を有することを特徴とするアレイ導波路回折格子の製造方法を提供する。

【0024】請求項2又は4に記載されているように、マスク材は、例えば、アルミニウム膜又は誘電体多層膜から作成することが好ましい。アルミニウム膜を用いる場合には、アルミニウム膜の厚さは約1 $\mu$ mであることが好ましい。

【0025】各アレイ導波路毎に所望の光路長に応じた長さの窓をマスク材に形成する第2の過程は請求項5乃至10に記載されているように種々の態様をとり得る。

【0026】例えば、第2の過程は、マスク材上にポジ型の電子線用レジストを塗布する過程と、電子線ビームをアレイ導波路上で走査し、電子線用レジストを露光する過程と、露光した電子線用レジストを現像して露光部分の電子線用レジストを除去する過程と、電子線用レジストをマスクとしてマスク材をエッチングする過程と、からなるものとして行うことができる。

【0027】あるいは、第2の過程は、マスク材上にポジ型のフォトレジストを塗布する過程と、アレイ導波路上で紫外線ビームを走査し、フォトレジストを露光する過程と、露光したフォトレジストを現像して露光部分のフォトレジストを除去する過程と、フォトレジストをマスクとしてマスク材をエッチングする過程と、からなるものとして行うことができる。

【0028】あるいは、第2の過程は、各アレイ導波路に直線部分を設ける過程と、マスク材上にポジ型のフォトレジストを塗布する過程と、窓よりも大きなビームサイズで紫外線をアレイ導波路方向に長さが可変のスリットを介して直線部分に照射してフォトレジストを露光する過程と、フォトレジストを現像して露光部分のフォトレジストを除去する過程と、フォトレジストをマスクとしてマスク材をエッチングする過程と、からなるものとして行うことができる。

【0029】あるいは、第2の過程は、マスク材を形成する前に上層クラディング上にネガ型の電子線用レジストを塗布する過程と、アレイ導波路上で電子線ビームを走査し、電子線用レジストを露光する過程と、電子線用レジストを現像して非露光部分の電子線用レジストを除去する過程と、マスク材を形成する過程と、電子線用レジストを除去することによって電子線用レジスト上のマスク材を除去する過程と、からなるものとして行うことができる。

【0030】あるいは、第2の過程が、マスク材を成膜

50

(5)

特開2000-162453

7

する前に上層クラディング上にネガ型のフォトレジストを塗布する過程と、アレイ導波路上で紫外線ビームを走査し、フォトレジストを露光する過程と、フォトレジストを現像して非露光部分のフォトレジストを除去する過程と、マスク材を形成する過程と、フォトレジストを除去することによってフォトレジスト上のマスク材を除去する過程と、からなるものとすることができる。

【0031】あるいは、第2の過程は、各アレイ導波路に直線部分を設ける過程と、マスク材を成膜する前に上層クラディング上にネガ型のフォトレジストを塗布する過程と、窓よりも大きなビームサイズの紫外線をアレイ導波路方向に長さが可変のスリットを介して直線部分に照射してフォトレジストを露光する過程と、フォトレジストを現像して非露光部分のフォトレジストを除去する過程と、マスク材を形成する過程と、フォトレジストを除去することによってフォトレジスト上のマスク材を除去する過程と、からなるものとすることができる。

【0032】また、第3の過程において紫外線が発生する装置としては、請求項11乃至14に記載されているように、例えば、ArFガス又はKrFガスを用いたエキシマレーザー、Arイオンレーザーの四連倍光発生装置、He-Cdレーザー又は超高压水銀灯を用いることができる。

【0033】マスク材は、請求項15に記載されているように、 $10\text{ kJ/cm}^2$ 以上の紫外線の照射量に対して劣化しないものであることが好ましい。

【0034】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施形態に係る、アレイ導波路回折格子のアレイ導波路の光路長の調整方法の手順を示した断面図であり、(A)乃至(G)は図4に示すアレイ導波路回折格子のB-B'線、すなわち、あるアレイ導波路に沿った断面図であり、(a)乃至(g)は図4に示すアレイ導波路回折格子のA-A'線、すなわち、アレイ導波路に垂直な面の断面図である。但し、図1では、基板は省略してある。

【0035】光路長を調整する対象物である石英( $\text{SiO}_2$ )系アレイ導波路回折格子のアレイ導波路部分の断面構造を図1(A)及び(a)に示す。

【0036】例えば、シリコン(Si)基板上に、化学的气相堆積法(CVD)や火炎堆積法(FHD)等を用いて、下クラッド層1となる石英ガラス膜を堆積する。次いで、下クラッド層1の上に同様の方法で、下クラッド層1よりも屈折率の高い石英ガラス膜を堆積し、フォトリソグラフィ技術と反応性イオンエッチング(RIE)法等を用いて、この石英ガラス膜をパターニングし、下クラッド層1上にコア2を形成する。

【0037】さらに、コア2を埋め込むための上クラッド層3として、下クラッド層1と同じ屈折率を有する石英ガラス膜を堆積する。

【0038】シリコン基板の代わりに石英ガラス基板を

8

用いることもできる。この場合には、石英ガラス基板が下クラッド層1を兼ねることができる。いずれにしても、導波路の材料が石英系ガラスであれば、この時点までの製造方法は任意の公知の方法を採用することができる。

【0039】次に、本実施形態に係る光路長の調整方法を説明する。

【0040】まず、アレイ導波路回折格子の上クラッド層3の表面に、図1(B)及び(b)に示すように、少なくともアレイ導波路43を覆うように、紫外線を透過しないマスク材4を成膜する。

【0041】後述するように、紫外線によって誘起される石英ガラスの屈折率変化を利用するためには、通常、 $10\text{ kJ/cm}^2$ 程度以上の高い積算エネルギー密度の紫外線を照射することが必要である。そのため、マスク材4は紫外線を透過しないだけでなく、上記の紫外線照射量に対してマスク材が劣化しないことも必要である。

【0042】このような特性を要求されるマスク材4の素材としては、紫外線に対する反射率が高い材料が適しており、例えば、アルミニウム(Al)や誘電体多層膜が優れている。特に、厚さが $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度のアルミニウム膜は紫外線に対する反射率が90%程度と非常に高く、成膜や後述の窓形成加工を容易に行うことができるため、マスク材4の素材としては最適である。厚さ $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度のアルミニウム膜は、例えば、真空蒸着法やスパッタリング法によって成膜することができる。

【0043】次に、図1(C)及び(c)に示すように、マスク材4上にポジ型のレジスト5を塗布する。

【0044】次に、図1(D)及び(d)に示すように、各アレイ導波路コア2上のレジスト5の一部を感光させた後、レジスト5を現像し、感光した部分のレジスト5を除去する。

【0045】このとき、各アレイ導波路に必要な光路長の調整量に応じて、アレイ導波路方向における露光領域(すなわち、後述する窓4a)の長さを変化させる。

【0046】次に、図2(E)及び(e)に示すように、レジスト5をマスクとして、レジスト5が除去された部分において露出しているマスク材4を上クラッド層3の表面までエッチングし、マスク材4に窓4aを形成する。

【0047】さらに、マスク材4上に残存しているレジスト5を除去する。マスク材4が厚さ $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度のアルミニウム膜からなるものである場合には、例えば、リン酸に数十分浸すことによって窓4aを形成することができる。

【0048】次に、図2(F)及び(f)に示すように、マスク材4の窓4aを介して各アレイ導波路コア2に紫外線6を照射し、紫外線により誘起される屈折率変化現象によって窓4aの直下の部分のアレイ導波路コア

(6)

特開2000-182453

9

2の屈折率を上昇させる。

【0049】石英系光導波路に効率的に上記の屈折率変化を生じさせるための紫外線光源としては、ArFやKrFガスを用いたエキシマレーザが知られている。例えば、AP-CVD法で成膜された石英系光導波路にArFエキシマレーザ光(波長193nm)を照射すると、 $10\text{kJ}/\text{cm}^2$ 程度の積算照射エネルギー密度で、 $1 \times 10^{-2}$ 程度の屈折率の増加が発生する。

【0050】最後に、図2(G)及び(g)に示すように、必要に応じて、上クラッド層3上に残存しているマ

スク材4を除去する。  
【0051】以上の方法により、各アレイ導波路コア2にそれぞれ異なった長さで屈折率が高い領域7が形成される。光路長は屈折率と長さとの積として定義されるので、これにより、各アレイ導波路にそれぞれ異なった量の光路長を付与することができる。

【0052】アレイ導波路回折格子の透過特性は、おおむね各アレイ導波路を通過する光の相対的位相に応じて周期的に変化する。このため、各アレイ導波路の光の位相を最大で $2\pi$ 調整できればよい。石英膜の紫外線誘起屈折率変化を $1 \times 10^{-2}$ 、光の波長を $1.55\mu\text{m}$ とすると、例えば、 $2\pi$ の位相変化を付与するためには、紫外線を照射する部分の長さを $1.55\text{mm}$ とすれば良い。

【0053】本実施形態に係る光路長調整方法によれば、従来例と異なり、偏光に依存することなく、光路長の調整を行うことが可能になる。

【0054】上記の実施形態においては、アレイ導波路方向における露光領域すなわち窓4aの長さを変化させる方法として、ポジ型のレジスト5を用いたが、露光領域の長さを変化させる方法としては、以下のような方法がある。

【0055】第1に、レジスト5として電子線ビーム露光用のレジストを用いて、電子線ビームを各アレイ導波路コア2に沿って走査しながら照射する方法がある。レジストとしては、ポジ型又はネガ型の何れでもよい。

【0056】第2に、レジスト5としてフォトリソレジストを用い、He-Cdレーザーその他のレーザービームを各アレイ導波路コア2に沿って走査しながら照射する方法がある。レジストとしては、ポジ型又はネガ型の何れでもよい。

【0057】第3に、アレイ導波路の露光領域に予め直線導波路を形成し、マスク材4上にポジ型又はネガ型のフォトリソレジストを形成した後、露光領域よりも大きなビームサイズの紫外線を導波路方向に長さが可変のスリットを通して照射する方法がある。

【0058】第4に、マスク材4を形成する前に、上クラッド層3上に電子線ビーム露光用のポジ型又はネガ型レジストを塗布して行う方法がある。この方法においては、電子線ビームをアレイ導波路上で走査し、レジスト

10

を露光させる。露光部分又は非露光部分のレジストを除去した後に、上クラッド層3上にマスク材4を形成し、その後、レジストを除去する。このような方法によっても、露光領域の長さを任意の長さに調節することができる。

【0059】あるいは、上記の第4の方法において、電子線ビーム露光用のレジストに代えて、ポジ型又はネガ型のフォトリソレジストを用い、そのフォトリソレジストを紫外線ビームで露光してもよい。

【0060】以下に、上記の第4の方法による実施例を図3を参照して説明する。

【0061】まず、図3(A)及び(a)に示すように、図1(A)及び(a)と同様に、シリコン(Si)基板(図示せず)上に下クラッド層1となる石英ガラス膜を堆積する。次いで、下クラッド層1の上に同様の方法で、下クラッド層1よりも屈折率の高い石英ガラス膜を堆積し、フォトリソグラフィ技術と反応性イオンエッチング(RIE)法等を用いて、この石英ガラス膜をパターンニングし、下クラッド層1上にコア2を形成する。さらに、コア2を埋め込むための上クラッド層3として、下クラッド層1と同じ屈折率を有する石英ガラス膜を堆積する。

【0062】次いで、図3(B)及び(b)に示すように、ネガ型の電子線ビーム露光用レジスト8を塗布する。

【0063】次いで、図3(C)及び(c)に示すように、電子線ビームでレジスト8を走査し、レジスト8を露光させた後、レジスト8を現像し、レジスト8の非露光部分を除去する。

【0064】次いで、図3(D)及び(d)に示すように、上クラッド層3及びレジスト8上に紫外線を透過しないマスク材4を成膜する。

【0065】この後、図3(E)及び(e)に示すように、レジスト8を除去することにより、レジスト8上のマスク材4をも同時に除去する。

【0066】以上のようにして、図2(E)及び(e)と同様に、マスク材4に窓4aを形成することができる。

【0067】この後、図2(F)及び(f)並びに図2(G)及び(g)に示す過程と同様の過程が行われ、各アレイ導波路コア2にそれぞれ異なった長さで屈折率が高い

【0068】領域7が形成される。

【発明の効果】本発明に係るアレイ導波路回折格子の製造方法により、以下のような効果を得ることができる。

【0069】第1の効果は、従来例に比べて、小型で安価なアレイ導波路回折格子を提供できることである。すなわち、従来例で必要とされていた各アレイ導波路上のヒーターはもはや必要ではなく、また、これらのヒーターを駆動する電気回路及び膨大な電力ももはや必要ない

50

(7)

特開2000-162453

11

ため、製造コストを下げる事が可能である。さらに、各アレイ導波路間を断熱するために、各アレイ導波路を相互に離す必要がないため、アレイ導波路回折格子を小型化することが可能である。

【0070】第2の効果は、従来例に比べて、偏光に依存せずに、光路長の調整を行うことができることである。その理由は、従来のa-Si層を用いた光路長調整方法では偏光に依存しない調整は困難であったが、本発明では容易に偏光に依存しない調整が可能であるからである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るアレイ導波路回折格子の製造方法における各過程を示す断面図である。

【図2】図1に引き続き、本発明に係るアレイ導波路回折格子の製造方法における各過程を示す断面図である。

【図3】窓形成過程の他の例を示すアレイ導波路回折格子の断面図である。

\*

12

\*【図4】アレイ導波路回折格子の構成を示す平面図である。

【符号の説明】

- 1 下クラディング層
- 2 アレイ導波路コア
- 3 上クラディング層
- 4 マスク材
- 5 レジスト
- 6 紫外線

10 7 紫外線誘起屈折率変化で屈折率が増加した領域

8 レジスト

41 入力導波路

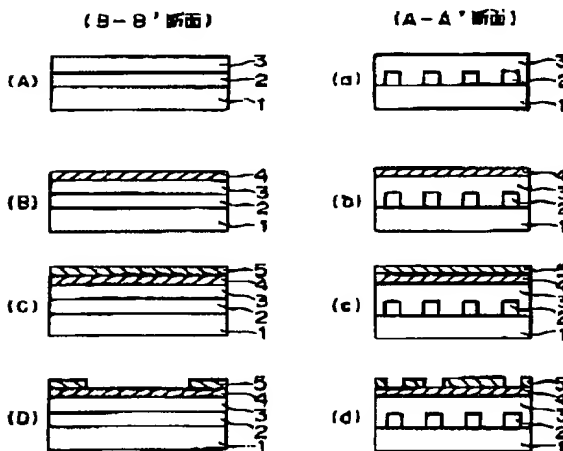
42 入力側スラブ導波路

43 アレイ導波路

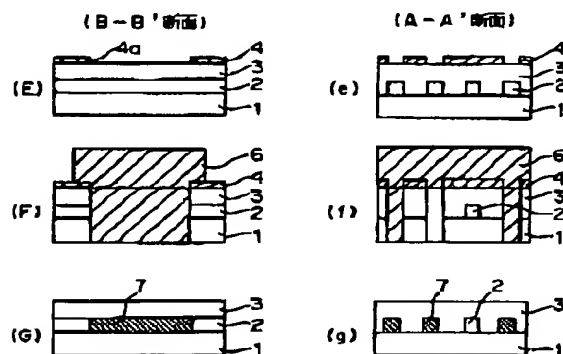
44 出力側スラブ導波路

45 出力導波路

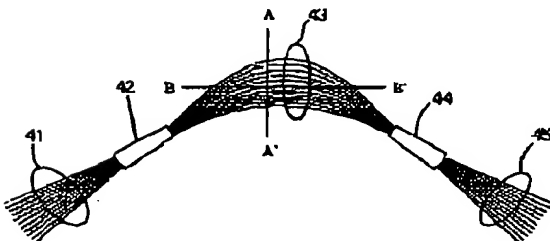
【図1】



【図2】



【図4】





(8)

特開2000-162453

【図3】

